NORGES TEKNISK-NATURVITENSKAPELIGE UNIVERSITET
INSTITUTT FOR FYSIKK
Faglig kontakt under eksamen:
professor Asle Sudbø, tlf 93403

EKSAMEN I SIF4007 FYSIKK

Mandag 5. mai, 2003

09.00-14.00

Tillatte hjelpemidler	: K.Rottman, Matematisk formelsamling
	Godkjent kalkulator
Vekttall	: 2.5
Språkform	: Bokmål
Antall sider	: 8
Sensurdato	: 26.mai

- Oppgave settet inneholder 3 oppgaver, med til sammen 10 deloppgaver. Hver deloppgave teller likt ved sensur.
- Bak oppgave settet finner du et vedlegg på to sider med formler som det kan, men ikke nødvendigvis vil, være bruk for. Kandidaten må tolke symbolene i oppgitte formler.
- Les hver oppgave nøye!

Oppgave 1

a) Tre motstander skal koples sammen til en ekvivalent motstand R_{eq}. To av motstandene, R_1 og R_2, koples i parallell mens den tredje mostanden R_3 koples i serie til parallell-koplingen. Hva blir den resulterende motstanden R_{eq} uttrykt ved R_1, når $R_2 = (4/5)R_1$ og $R_3 = (1/3)R_1$?

La motstanden R_1 være et stålrør med indre diameter $d_i = 1.2\text{cm}$, og ytre diameter $d_y = 1.5\text{cm}$. Hva blir da R_1 når resistiviteten til stål er $\rho = 2.0 \cdot 10^{-7}\Omega m$?

b) En uendelig lang massiv sylinder med radius R har en ladning λ_0 pr. lengdeenhet. Denne ladningen er fordelt over sylinder-tverrsnittet slik at ladningstettheten er

$$\rho(r) = \frac{2\lambda_0}{\pi R^2}\left[1 - \left(\frac{r}{R}\right)^2\right]$$

Her er r den radielle avstanden fra sylinderens senterakse.

Hva er ladningen pr. lengdeenhet $\lambda(r)$ inne i sylinderen, $r < R$?

Bruk Gauss lov til å finne det elektriske feltet utenfor og inne i sylinderen.

c) En metallsylinder med radius R og senterakse langs y-aksen plasseres i et ytre elektrisk felt som er rettet langs x-aksen. Ladninger i den ledende metallsylinderen blir da forskjøvet slik at det resulterende elektriske potensialet for $r > R$ blir

$$V(r) = A\,x + B\,\frac{\cos(\phi)}{r}$$

der r er radialavstanden fra senteraksen av sylinderen, og ϕ er vinkelen radial avstanden danner med x-aksen, $(x = r\cos(\phi))$.

Hva blir retningen til $\mathbf{E}$ på sylinderens overflate? Skisser feltlinjene i et tversnittsplan til sylinderen.

Hva er så sammenhengen mellom A og B?

Oppgave 2

a) En lang rett luftfylt solenoide har viklinger som er jevnt fordelt, med antall viklinger pr. lengdeenhet langs solenoiden gitt ved n. Det går en stasjonær strøm med styrke I igjennom viklingene. Vis ved hjelp av Amperes lov at magnetfeltet inne i solenoiden er gitt ved

$$B = \mu_0 \, n \, I$$

(Utenfor solenoiden kan feltet regnes som null).
Solenoiden har en selvinduktans L. Beregn denne selvinduktansen når solenoiden har lengde $l = 20\text{cm}$ og antall viklinger er $N = 500$. Permeabiliteten $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}\text{Vs/Am}$.

b) En sirkulær strømsløyfe med radius R, som det går en strøm I igjennom, ligger i (y, z)-planet med senter i origo. På x-aksen setter den opp et magnetfelt som er rettet langs x-aksen. Vis at i vakuum blir størrelsen av dette magnetfeltet i et punkt på x-aksen et uttrykk av formen

$$B = B(x) = \frac{K}{r^\sigma} \, I$$

der $r^2 = x^2 + R^2$. Bestem derved koeffisienten K og eksponenten σ.

c) En vekselstrømskrets under en påtrykt spenning $V(t) = V_0 \cos(\omega t)$ består av en motstand R seriekoplet med en induktans C, og denne seriekoplingen er parallellkoplet med en induktans L. V_0 er reell, ω er vinkelfrekvensen til påtrykt spenning, t er tiden. Finn den vinkelfrekvensen ω uttrykt ved R, C, L som er slik at resulterende strøm $I(t)$ og påtrykt spenning $V(t)$ for denne kretsen ikke er faseforskjøvet i forhold til hverandre.

Oppgave 3 (Multiple choice)

NB!! Fyll ut svararket som er lagt ved oppgaven.

a) Sannsynligheten for at en partikkel skal kunne penetrere en barriere ———— med tykkelsen av barrieren

1. øker lineært
2. avtar eksponensielt
3. avtar lineært
4. øker eksponensielt
5. avtar som en dempet svinging

b) Partikler som ikke adlyder Pauliprinsippet kalles

1. kvarker
2. leptoner
3. fermioner
4. bosoner
5. ingen av delene.

c) For hydrogen atomet i grunntilstanden har vi at den radiale sannsynlighets-fordelingen for elektroner er gitt ved $P(r) = 4(1/a_0)^3\, r^2\, e^{-2r/a_0}$, hvor $a_0 = 0.5 \cdot 10^{-10} m$. Sannsynligheten for finne elektronet i et kuleskall med radius $r = a_0$ og tykkelse $\Delta r = 0.08 a_0$ er gitt ved

1. 3.24%
2. 4.33%
3. 5.87%
4. 6.25%
5. 7.43%

d) Når lys treffer en p-type halvleder i en p-n-overgang i en solcelle

1. blir bare frie elektroner produsert
2. blir bare positivt ladede hull produsert
3. blir både hull og elektroner produsert
4. blir protoner produsert
5. ingen av alternativene over er korrekte.

FAG SIF4007 Fysikk STUDENTNR:_____

Eksamen 5. mai 2003 STUDIEPROGRAM:_____

SVARARK FOR OPPGAVE 3.

Sett kun ett kryss for hver deloppgave. Gardering betraktes som feil svar.

Oppgavene er a)-d). Alternativene til hver oppgave er 1-5.

	1	2	3	4	5
a)		X			
b)				X	
c)		X			
d)			X		

Dette arket leveres sammen med eksamensbesvarelsen.

OPPGITTE FORMLER

Nyttige formler til Oppgave 1.

$$\begin{aligned}\oint \mathbf{E}\cdot d\mathbf{A} &= \frac{Q}{\varepsilon_0} \text{ (Gauss' lov)}\\ \mathbf{E} &= -\nabla V\\ \nabla V &= \frac{\partial V}{\partial r}\,\hat{e}_r + \frac{1}{r}\,\frac{\partial V}{\partial \phi}\,\hat{e}_\phi + \frac{\partial V}{\partial z}\,\hat{e}_z\end{aligned}$$

der $\hat{e}_r, \hat{e}_z$ er enhetsvektorer henholdsvis i radial retningn og langs sylinder-aksen. $\hat{e}_\phi$ er enhetsvektoren som står normalt p de to andre enhetsvektorene (azimuthal retningen).

Resistanser i serie:

$$R_{\text{eq}} = \sum_i R_i$$

Resistanser i parallell:

$$\frac{1}{R_{\text{eq}}} = \sum_i \frac{1}{R_i}$$

$$R = \rho\ \frac{L}{A}$$

Nyttige formler til Oppgave 2

$$\begin{aligned}\oint \mathbf{B}\cdot d\mathbf{l} &= \mu_0 I_c \text{ (Ampere's lov).}\\ \mathbf{B} &= \frac{\mu_0 I}{4\pi}\oint \frac{d\mathbf{l}\times\hat{\mathbf{r}}}{r^2}; \hat{\mathbf{r}} = \frac{\mathbf{r}}{r}(\text{Biot} - \text{Savart's lov})\\ \Phi &= LI, \Phi = \int \mathbf{B}d\mathbf{A}\end{aligned}$$

Impedanser i serie:

$$Z_{\text{eq}} = \sum_i Z_i$$

Impedanser i parallell:

$$\frac{1}{Z_{\text{eq}}} = \sum_i \frac{1}{Z_i}$$

For resistanser, kapasitanser, og induktanser gjelder

$$Z_R = R;\ \ Z_L = i\omega L;\ \ Z_C = \frac{1}{i\omega C}$$

Generalisert Ohm's lov: $V = ZI$. Komplekse tall: $Z = |Z|\ e^{i\phi}$, $\phi = \tan^{-1}(\mathrm{Im(Z)/Re(Z)})$, $|Z| = \sqrt{(\mathrm{Re(Z)})^2 + (\mathrm{Im(Z)})^2}$. Her er Re(Z) realdelen til Z, og Im(Z) er imaginærdelen til Z.

Andre formler det kan bli bruk for.

Når en funksjon $f(r, \phi)$ av to variable skal integreres over et todimensjonal område i polarkoordinater, blir dette integralet på formen

$$\int d\phi \int dr\ r\ f(r, \phi)$$

$$\begin{aligned}
i &= \sqrt{-1} \\
e^{1\theta} &= \cos(\theta) + i\sin(\theta) \\
e^{-1\theta} &= \cos(\theta) - i\sin(\theta) \\
e^{i\pi/2} &= i \\
e^{i\pi} &= -1 \\
\mathrm{Im}[e^{i\theta}] &= \sin\theta \\
\mathrm{Re}[e^{i\theta}] &= \cos\theta
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\frac{d\sin(ax)}{dx} &= a\cos(ax) \\
\frac{d\cos(ax)}{dx} &= -a\sin(ax)
\end{aligned}$$

$$\int dx\ x^n = \frac{1}{n+1}x^{n+1} + C$$

Permittiviteten for vakuum:

$$\varepsilon_0 = 8.8542 \cdot 10^{-12} C^2/Nm^2$$

Energien i en kapasitans

$$U = \frac{1}{2}\frac{Q^2}{C}$$

Energien i en induktans

$$U = \frac{1}{2}LI^2$$

Elektrisk felt mellom to kondensator plater med flateladning σ og et dielektrisk materiale imellom platene

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon_0 \kappa}$$

For små vinkler har vi

$$\tan\theta \approx \sin\theta$$

Plancks konstant

$$\begin{aligned} \hbar &= \frac{h}{2\pi} \\ h &= 6.6262 \cdot 10^{-34} Js \end{aligned}$$

En elektronvolt ($1eV$) er den energien et elektron får ved å aksellereres fra null hastighet over et spenningsfall på $1V$,

$$1eV = 1.602 \cdot 10^{-19} J$$

Elektronets masse

$$m = 9.1 \cdot 10^{-31} kg$$